

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

07 JUN 2005
PCT (EP03/11484)

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

REC'D 24 NOV 2003

WIPO PCT

Aktenzeichen: 102 57 588.6

Anmeldetag: 09. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: DaimlerChrysler AG, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Vorhersage einer
Spannung einer Batterie

IPC: G 01 R, B 60 R

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wehner

DaimlerChrysler AG

Gmeiner
07.12.2002Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie, insbesondere einer Fahrzeugbatterie.

10 Herkömmlich besteht das Problem, dass beispielsweise in einem Kfz-Bordnetz die Spannung bei schlechter oder entladener Batterie bei bestimmten Belastungen soweit einbricht, dass wichtige Systeme, wie beispielsweise das Bremssystem nicht mehr den vollen Funktionsumfang haben und der Fahrer unter Umständen das Fahrzeug nur noch mit großen Einschränkungen betreiben kann.

15 Aus der DE 39 36 638 C1 ist ein Verfahren bekannt, bei dem die Verbraucher in einem Fahrzeugbordnetz bei Unterschreitung eines bestimmten Ladezustands der Batterie des Fahrzeugs abgeschaltet oder zurückgeschaltet werden, um eine zu starke
20 Entladung der Batterie zu verhindern. Welche oder welcher Verbraucher abgeschaltet werden oder wird, hängt davon ab, zu welcher Gruppe von Verbrauchern dieser gehört. Eine solche Gruppe setzt sich beispielsweise aus "Bedingt-Schaltbaren-Verbrauchern" (BSV) und/oder "Schaltbaren-Verbrauchern" (SV)
25 zusammen. Die Gruppe wird dabei immer komplett abgeschaltet oder im Verbrauch reduziert. Jede Gruppe besitzt eine die Fahrzeugsicherzeit bzw. ihre Wichtigkeit betreffende Priorität. Die Abschaltung oder Rückschaltung der einzelnen Gruppen beginnt bei der Gruppe mit der geringsten Priorität. Führt
30 dies nicht zu einer Verbesserung des Ladezustands der Batterie werden nachfolgend weitere Gruppen abgeschaltet oder zu-

rückgeschaltet, bis der Ladezustand der Batterie ein bestimmtes Niveau erreicht.

Weiterhin ist aus der DE 199 60 079 A1 ein Verfahren zur Ein-
5 bzw. Abschaltung von verschiedenen Klassen von Verbrauchern
mittels Schaltelementen im Rahmen eines von einem Steuergerät
durchgeführten Energiemanagements bekannt. Die Ansteuerung
der Schaltelemente erfolgt dabei so, dass die gewählten Prio-
ritäten für die Ansteuerung der Schaltelemente während des
10 Betriebs dynamisch verändert werden können. Damit ist eine
betriebszustandsabhängige Anpassung der Schaltprioritäten
während des laufenden Betriebs möglich. Die Abschaltung von
Verbrauchern erfolgt mittels Veränderung der Schaltpriorität
so, dass die Wahrnehmbarkeit der Betriebszustände möglichst
15 unterdrückt wird.

Eine Abschaltung bzw. Rückschaltung eines Verbrauchers oder
einer Gruppe von Verbrauchern erfolgt bei diesen herkömmli-
chen Verfahren immer erst, wenn ein schlechter Ladezustand
20 bereits erkannt wurde. Um zu verhindern, dass ein sicher-
heitsrelevantes System, wie beispielsweise das Bremssystem
aufgrund einer Rückschaltung nicht mehr im vollen Funktions-
umfang zur Verfügung steht, wird dabei derzeit ein berech-
nungsintensives Verfahren zur Berechnung des Ladezustands der
25 Batterie verwendet, das die Kosten des zugehörigen Steuerge-
räts deutlich erhöht.

Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein einfa-
ches und kostengünstiges Verfahren zur Vorhersage einer Span-
30 nung einer Batterie zur Verfügung zu stellen, mit dem ein Zu-
stand schlechter oder entladener Batterie, bei dem es unter
bestimmten Belastungen zu einem Spannungseinbruch kommen
kann, vorhersagbar ist und das ermöglicht, vor dem Eintreten
dieses Zustands entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten, da-
35 mit bestimmte sicherheitsrelevante Verbraucher voll funkti-
onsfähig bleiben.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie mit den Merkmalen nach Anspruch 1 gelöst. In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

5

Durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie wird nun ein rechtzeitiges Erkennen von kritischen Batteriezuständen, insbesondere von kritischen Bordnetzzuständen im Fahrzeug und Einleiten von Gegenmaßnahmen, wie beispielsweise eine Verbraucherabschaltung oder eine Erhöhung der Motordrehzahl ermöglicht.

10

Diese und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachstehenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung offensichtlich.

15

Dabei zeigt:

Fig. 1 ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie U_{pred}

20

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm einer Unteroutine "Berechnung der Polarisationsspannung U_{pol} " aus Fig. 1,

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm einer Unteroutine "Filterung der Polarisationsspannung U_{pol} " aus Fig. 1 und

25

Fig. 4 eine Darstellung beispielhafter stromabhängiger Verläufe der Polarisationsspannung.

30

Nachfolgend wird nun das erfindungsgemäße Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie, insbesondere einer Fahrzeugbatterie unter Bezugnahme auf die Ablaufdiagramme gemäß den Figuren 1 bis 3 genauer beschrieben.

Um zu gewährleisten, dass bestimmte, sicherheitskritische Verbraucher, wie beispielsweise die Sensotronic Brake Control

- bzw. SBC (Elektrohydraulische Bremse) vollfunktionsfähig bleiben, darf eine Fahrzeug-Batteriespannung eine bestimmte Mindestspannung nicht unterschreiten, da es bei Anlegen einer Last zu einem Spannungseinbruch kommt. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens kann nun vorhergesagt werden, welche Batteriespannung U_{pred} sich einstellt, wenn mit einem vorbestimmten Strom I_{pred} , d.h. einer definierten zu erwartenden Belastung entladen wird.
- 10 In einem ersten Schritt S1 werden aktuelle Batteriedaten, wie beispielsweise die Batteriespannung U_{batt} , der Batteriestrom I_{batt} , die Batterietemperatur T_{batt} und der dynamische Innenwiderstand R_{di} der Batterie erfasst bzw. von externen Erfassungs- und Berechnungseinrichtungen abgefragt. Dabei werden
- 15 die Batteriespannung U_{batt} , der Batteriestrom I_{batt} und die Batterietemperatur T_{batt} mittels Sensoren erfasst und an eine Steuerungseinrichtung übermittelt bzw. von der Steuerungseinrichtung abgefragt, die das erfindungsgemäße Verfahren zur Vorhersage der Spannung einer Batterie durchführt. Der dynamische Innenwiderstand R_{di} wird durch eine bekannte Routine berechnet und das Berechnungsergebnis ebenfalls an die Steuerungseinrichtung übermittelt bzw. von der Steuerungseinrichtung abgefragt. Ein derartiges Verfahren zur Berechnung des dynamischen Innenwiderstands R_{di} ist beispielsweise aus der DE 102
- 20 08 020 A1 bekannt, bei dem der erhaltene Wert für den dynamischen Innenwiderstand bereits gefiltert ist. Die Werte für die Batteriespannung U_{batt} , den Batteriestrom I_{batt} , die Batterietemperatur T_{batt} sowie den dynamischen Innenwiderstand R_{di} werden in vorbestimmten Intervallen t , beispielsweise
- 25 30 alle 50 ms, der Steuerungseinrichtung übermittelt bzw. von der Steuerungseinrichtung abgefragt. Bei den erfassten Werten des Batteriestroms I_{batt} bedeuten negative Werte eine Entladung und positive Werte eine Ladung der Batterie.
- 35 Anschließend wird in einem Schritt S2 überprüft, ob es sich bei diesem Funktionsablauf um einen ersten Ablauf handelt. Hierzu wird der Zustand eines Bits überprüft, das bei einem

ersten Funktionsablauf gesetzt wird und bei jedem Neustart wieder zurückgesetzt wird. Wenn das Bit gesetzt ist, d.h. bereits ein Funktionsablauf (Schritt S1 bis S12) stattgefunden hat, schreitet der Ablauf zu Schritt S3 fort. Ansonsten
5 schreitet der Ablauf direkt zu Schritt S5 fort, damit direkt nach dem Neustart eine Schnellvorhersage der Spannung der Batterie möglich wird.

10 In einem Schritt S3 wird ermittelt, ob bereits eine Zeit T_x , hier 500 ms abgelaufen ist, d.h. nach 500 ms schreitet der Ablauf zu Schritt S4 fort, ansonsten kehrt der Ablauf zu Schritt S1 zurück.

15 Wenn in Schritt S3 ermittelt wird, dass die Bedingungen erfüllt sind, wird in einem Schritt S4 die Batteriespannung U_{batt} und der Batteriestrom I_{batt} mittels eines Tiefpasses gefiltert. Durch die Filterung werden ein gefilterter Batteriespannungswert U_{filt} und gefilterter Batteriestromwert I_{filt} von der Batteriespannung U_{batt} und dem Batteriestrom
20 I_{batt} ermittelt, aus denen jeweils die Welligkeit herausgefiltert ist. Der gefilterte Batteriespannungswert U_{filt} und der gefilterte Batteriestromwert I_{filt} nach der Tiefpassfilterung ergeben sich aus den nachfolgenden Gleichungen:

25
$$U_{filt}(t_n) = (U_{batt} - U_{filt}(t_{n-1})) * (1 - \exp(-t/T)) + U_{filt}(t_{n-1})$$

$$I_{filt}(t_n) = (I_{batt} - I_{filt}(t_{n-1})) * (1 - \exp(-t/T)) + I_{filt}(t_{n-1})$$

30

Hierbei ist T eine Filterkonstante, die beispielsweise als 500 ms gewählt wird, während t ein Intervall ist, in dem jeweils ein Wertesatz ausgelesen wird und das beispielsweise 50 ms beträgt. t_n ist der aktuelle Zeitpunkt, während t_{n-1} der
35 Zeitpunkt der letzten Berechnung ist. Wenn noch keine vorherige Berechnung erfolgt ist, werden vorbestimmte Initialisierungswerte verwendet.

Aufgrund von Einschwingzeiten eines verwendeten Tiefpassfilters werden zur Initialisierung beispielsweise Werte wie folgt festgelegt: $U_{\text{filt}} = 11,8$, $I_{\text{filt}} = 0,0$ und $R_{\text{di}} = 5,0$.

5

Das Einlesen der Eingangsgrößen in das Tiefpassfilter erfolgt so rasch wie möglich, vorausgesetzt die Werte sind gültig, d.h. die Hardware zur Erfassung der Batteriespannung U_{batt} und des Batteriestroms I_{batt} muss gültige Werte liefern.

10

Beim ersten Funktionsaufruf des Verfahrens zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie, beispielsweise nach einem Zeitraum T_x , d.h. im Beispiel 500 ms wird eine Schnellvorhersage durchgeführt. Dabei wird die Filterung durch den Tiefpass nicht mit einbezogen, d.h. die Schritte S3 und S4 wird im

15

ersten Funktionsaufruf übersprungen. In den ersten beispielsweise 5 Sekunden nach diesem Funktionsaufruf sind alle Zeitkonstanten auf 1 Sekunde gesetzt, da auf diese Weise ein schnelles Einschwingen des Verfahrens ermöglicht wird.

20

Die Berechnung der vorhergesagten Batteriespannung U_{pred} , d.h. der Funktionsablauf erfolgt nach einem Zeitraum T , d.h. im Beispiel nach 500 ms.

25

Die Berechnung der vorhergesagten Batteriespannung U_{pred} wird nur dann durchgeführt, wenn der Batteriestrom I_{batt} größer als der vorbestimmte Laststrom I_{pred} ist, auf den die Vorhersage abgestellt ist. Dabei wird eine vorbestimmte Toleranz Tol , beispielsweise von 5A zugelassen. Eine Berechnung für einen Batteriestrom I_{batt} kleiner als I_{pred} ist nicht erforderlich, da dann der derzeit vorliegende Spannungseinbruch größer als ein vorherzusagender Spannungseinbruch wäre. Daher kehrt der Ablauf dann zu Schritt S1 zurück.

30

Somit wird in Schritt S5 überprüft, ob die für die Durchführung der Berechnung der vorhergesagten Batteriespannung U_{pred} erforderlichen folgenden Bedingungen erfüllt sind:

35

$I_{\text{filt}} > (I_{\text{pred}} - \text{Tol})$
und
 $I_{\text{batt}} > I_{\text{pred}} - \text{Tol}$

5 Dies zweitgenannte Bedingung wird hier zusätzlich abgefragt, da bei einem Startvorgang größere Ströme erreicht werden, aber aufgrund des Filters eine Berechnung ansonsten zugelassen würde. Derartige Fehler sollen jedoch ausgeschlossen werden.

10 Wenn in Schritt S5 erkannt wird, dass die vorstehend aufgeführten Bedingungen nicht erfüllt sind, wird keine Berechnung der vorhergesagten Batteriespannung U_{pred} durchgeführt und der Ablauf kehrt zu Schritt S1 zurück.

15 Wenn in Schritt S5 erkannt wird, dass die vorstehenden Bedingungen erfüllt sind, wird anschließend in einem Schritt S6 ein ohmscher Spannungsabfall am dynamischen Innenwiderstand R_{di} berechnet. Dazu wird aus den gefilterten Batteriestrom- und Innenwiderstandswerten (I_{filt} und R_{di}) der durch den
20 vorbestimmten Laststrom I_{pred} am dynamischen Innenwiderstand R_{di} entstehende Spannungsabfall U_{ri} entsprechend der nachfolgend aufgeführten Formel berechnet:

$$U_{\text{ri}} = (I_{\text{filt}} - I_{\text{pred}}) * R_{\text{di}}$$

5 Da der vorbestimmte Laststrom I_{pred} immer ein Entladestrom ist, muss er auch negativ eingesetzt werden. Der Wertebereich für den vorbestimmten Laststrom I_{pred} beträgt beispielsweise zwischen -80A und -150A.

30 Anschließend wird in einem Schritt S7 eine Polarisationsspannung U_{pol} berechnet. Die Unteroutine zur Berechnung der Polarisationsspannung in Schritt S7 ist in Fig. 2 genauer dargestellt. Die Polarisationsspannung U_{pol} hat mehrere chemische Ursachen, d.h. setzt sich aus mehreren Teilspannungen
35 zusammen. Diese Teilspannungen sind unter anderem eine Durchtrittspannung bzw. Aktivierungsspannung, eine Kristallisati-

onsspannung und eine Diffusionsspannung. Die Durchtrittsspannung entsteht dadurch, dass sich die örtliche Verteilung der Ionen bei Stromänderung erst aufbauen muss, wobei dies jedoch nicht so schnell geschieht, wie sich der Strom einstellt, und

5. die Verteilung der geladenen Teilchen an der Oberfläche mit einem Kondensator vergleichbar ist. Die Kristallisationsspannung ist die erforderliche Spannung, um Moleküle an der Oberfläche der Elektrode aus ihrem Verband herauszulösen und einer Reaktion zugänglich zu machen. Die Diffusionsspannung schließlich ist die Spannung, die benötigt wird, um die Reaktionsprodukte von der Elektrodenoberfläche zu entfernen. Diese Teilspannungen weisen jeweils eine nach einer e-Funktion verlaufende Abhängigkeit vom Batteriestrom, nämlich der Stromgröße und der Stromrichtung, sowie der Temperatur auf.

15

Die Polarisationsspannung U_{pol} kann in ihrer Gesamtheit durch zwei einfache Reziproktfunktionen genau genug beschrieben werden. Die Polarisationsspannung U_{pol} kann wie folgt ermittelt werden, wobei jeweils zu unterscheiden ist, ob die Batterie geladen wird, d.h. $I_{filt} > 0$ ist, oder die Batterie entladen wird, d.h. $I_{filt} \leq 0$ ist.

20

Daher wird zunächst in einem Schritt S7-1 entschieden, ob der gefilterte Batteriestrom I_{filt} größer als Null ist. Je nach dem Entscheidungsergebnis wird in Schritt S7-2a bzw. S7-2b eine Berechnung der Polarisationsspannung U_{pol} gemäß den nachfolgend aufgeführten Formel ausgeführt:

5

Für $I_{filt} > 0$:

$$30 \quad U_{pol} = (U_{pol_0} + (k_{i_lad} \cdot I_{filt} / (i_{k_lad} + I_{filt}))) \cdot K_1.$$

Für $I_{filt} \leq 0$:

$$U_{pol} = (U_{pol_0} + (k_{i_ela} \cdot I_{filt} / (i_{k_ela} - I_{filt}))) \cdot K_1$$

35

K_1 ist in den vorstehenden Gleichungen ein Korrekturfaktor, der 1 ist, wenn der vorbestimmte Laststrom I_{pred} -100A beträgt, während er sich für einen vorgegebenen Laststrom

I_pred im Bereich zwischen -80A bis -150A aus $(1 - (I_{pred} + 100)/100 * 0,2)$ ergibt. Für den Fachmann ist hierbei offensichtlich, dass, wenn ein von diesem Laststrombereich abweichender Laststrombereich gewünscht wird, ein entsprechender, angepasster Korrekturwert ermittelt werden kann.

Dabei sind die Parameter U_pol_0, ki_lad, ik_lad, ki_ela und ik_ela vorbestimmte Parameter. Beispielsweise kann U_pol_0 bei 0°C 0,7V betragen. Die Temperaturabhängigkeit beträgt - 9mV/°C. Daraus ergibt sich:

$$U_{pol_0} = 0,7V - 0,009V/^{\circ}C * T_{batt} [T_{batt} \text{ in } ^{\circ}C]$$

ik_lad und ik_ela sind empirische Parameter, die die Krümmung der Kurve der Polarisationsspannung U_pol als Funktion des gefilterten Batteriestroms I_filt beschreiben. In Fig. 4 ist ein derartiger Kurvenverlauf für verschiedene Batterietemperaturen T_batt gezeigt. Beispielsweise kann der Wert für ik_lad 80A und der Wert für ik_ela 20A betragen. ki_ela ist dimensionslos und so festzulegen, dass bei I_filt = I_pred der Wert für U_pol = 0V beträgt.

Es gilt also:

$$\begin{aligned} ki_{ela} &= U_{pol_0} * (ik_{ela} - I_{pred}) / (-I_{pred} * [VA]) \text{ bzw.} \\ ki_{lad} &= U_{pol_0} * (ik_{lad} - I_{pred}) / (-I_{pred} * [VA]) * K_2. \end{aligned}$$

Beim Laden muss ein Korrekturfaktor K₂ berücksichtigt werden, da beim Laden sehr große Überspannungen auftreten können, die für eine Berechnung zu groß wären. Durch diesen Korrektur- bzw. Kompensationsfaktor K₂ werden auch diese Spannungen berechenbar.

Diese Beschreibung der Polarisationsspannung U_pol gilt, wenn die Batterie in einem quasistatischen, d.h. eingeschwungenen Zustand ist, d.h. wenn der Batteriestrom I_batt konstant ist.

Bedingt durch die chemischen Reaktionen, die sich hinter diesem Phänomen verbergen, verändert sich die Polarisationsspannung U_{pol} nur langsam. Die Veränderung folgt zwei überlagerten Zeitkonstanten. Der wie oben beschrieben ermittelte Parameter U_{pol} besteht also aus einem schnell und einem langsam einschwingenden Teil $U_{pol_fast_roh}$ und $U_{pol_slow_roh}$:

$$U_{pol_fast_roh} = 0,6 * U_{pol} \text{ und}$$

$$U_{pol_slow_roh} = 0,4 * U_{pol},$$

10

d.h. 60% von U_{pol} schwingt schnell ein und 40% schwingt langsam ein.

Daher erfolgt in einem weiteren Schritt S8, dessen genauer Ablauf in Fig. 3 genauer veranschaulicht ist, eine Filterung der Polarisationsspannung U_{pol} , wobei diese Filterung bevorzugt durch zwei Tiefpassfilter erfolgt, jeweils eines für einen schnell einschwingenden Anteil $U_{pol_fast_roh}$ von U_{pol} und eines für einen langsam einschwingenden Anteil $U_{pol_slow_roh}$ von U_{pol} .

20

Zunächst wird in einem Schritt S8-1 die Polarisationsspannung U_{pol} in die noch ungefilterten Rohwerte der Polarisationsspannung $U_{pol_fast_roh}$ und $U_{pol_slow_roh}$ aufgeteilt. Anschließend erfolgt in Schritt S8-2 eine Filterung dieser beiden Polarisationsspannungsanteile $U_{pol_fast_roh}$ und $U_{pol_slow_roh}$ mittels zweier Tiefpassfilter.

25

Somit ergibt sich:

30

$$U_{pol_fast_filt}(t_n) = (U_{pol_fast_roh} - U_{pol_fast_filt}(t_{n-1}) * T + U_{pol_fast_filt}(t_{n-1})$$

$$U_{pol_slow_filt}(t_n) = (U_{pol_slow_roh} - U_{pol_slow_filt}(t_{n-1}) * T + U_{pol_slow_filt}(t_{n-1})$$

35

Die Zeitkonstanten der Tiefpassfilter für $U_{pol_fast_roh}$ und $U_{pol_slow_roh}$ sind dabei unterschiedlich, je nachdem, ob geladen wird, d.h. $I_{filt} > 0$ ist, oder entladen wird, d.h. $I_{filt} \leq 0$. Die Zeitkonstanten betragen beispielsweise:

5

Für $I_{filt} > 0$:

T für $U_{pol_fast_filt} = 1$ Sekunde

T für $U_{pol_slow_filt} = 1$ Minute

10

Für $I_{mittel} \leq 0$:

T für $U_{pol_fast_filt} = 1$ Sekunde

T für $U_{pol_slow_filt} = 30$ Sekunden

15

In einem weiteren Schritt S8-3 werden anschließend die gefilterten Werte der beiden Polarisationsspannungsanteile $U_{pol_fast_filt}$ und $U_{pol_slow_filt}$ addiert, um eine gefilterte Polarisationsspannung U_{pol_filt} zu erhalten.

20

Diese Werte für Parameter zur Ermittlung der Polarisationsspannung sind ebenfalls nur Beispiele und stellen keine Einschränkung dar.

25

In einem darauffolgend durchgeführten Schritt S9 wird anschließend aus den in den Schritt S4, S6 und S7 und S8 ermittelten Spannungswerten für die gefilterte Batteriespannung U_{filt} , den ohmschen Spannungsabfall U_{ri} und die gefilterte Polarisationsspannung U_{pol_filt} die vorhergesagte Batteriespannung U_{pred} entsprechend der folgenden Formel berechnet:

30

$$U_{pred} = U_{filt} - U_{ri} - U_{pol_filt}$$

35

Die so in Schritt S9 ermittelte vorhergesagte Batteriespannung U_{pred} wird in Schritt S10 noch nach oben und unten begrenzt, indem beispielsweise als Maximalwert U_{pred_max} 12,5V und als Minimalwert U_{pred_min} 10V festgelegt wird. Eine Begrenzung nach oben ist dabei nicht unbedingt erforderlich, da dort die Batterieladung in jedem Fall ausreichend ist; den-

noch wird im bevorzugten Ausführungsbeispiel der Maximalwert U_{pred_max} auf einen Wert nahe einem Normalwert einer vollen Batterie im Ruhezustand festgelegt. Die Begrenzung nach unten durch einen Minimalwert U_{pred_min} ist jedoch in jedem Fall
5 erforderlich, da die Batterie ab diesem Spannungswert derart gealtert, entladen, o.ä. ist, dass ab diesem Schwellenwert aufgrund einer exponentiell einbrechenden Spannung kein zuverlässige Vorhersage der Batteriespannung mehr möglich ist. Im Fall, dass die vorhergesagte Batteriespannung U_{pred} innerhalb der Grenzwerte U_{pred_min} und U_{pred_max} liegt, erfolgt dann in einem weiteren Schritt S11 eine Filterung der
10 vorhergesagten Batteriespannung, wobei die Zeitkonstante T dieses Filters sowohl für negative als auch für positive Stromwerte 3 Minuten betragen kann. Durch diese weitere Filterung in Schritt S11 werden Sprünge, die aufgrund einer Umschaltung von Laden auf Entladen auftreten herausgefiltert.
15

Dadurch ergibt sich:

$$20 \quad U_{pred_filt}(t_n) = (U_{pred_roh} - U_{pred_filt}(t_{n-1})) * T + U_{pred_filt}(t_{n-1})$$

wobei T beispielsweise als 3 Minuten gewählt ist.

25 Abschließend erfolgt in Schritt S12 eine Überprüfung, ob das Bit, das anzeigt, ob bereits ein erster Funktionsaufruf erfolgt ist, gesetzt ist. Sollte es nicht gesetzt sein, wird dieses Bit gesetzt und dann kehrt der Ablauf zu Schritt S1 zurück. Ansonsten kehrt der Ablauf direkt zu Schritt S1 zurück.
30

Auf diese Weise kann zuverlässig eine Spannung einer Batterie, insbesondere einer Fahrzeugbatterie bei einer im voraus festgelegten Belastung mit einem Laststrom I_{pred} ermittelt
35 werden. Diese Vorhersage ist für Batterien aller Art, insbesondere für Fahrzeugbatterien jeglicher Bauart Größe und Kapazität anwendbar.

Zusammenfassend offenbart die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie, insbesondere ein Fahrzeugbatterie. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird es möglich einen Spannungseinbruch vorherzusagen, bevor er tatsächlich aufgrund einer Belastung eintritt. Dazu wird aus Batteriedaten, wie beispielsweise Batteriespannung, Batteriestrom; Batterietemperatur und dynamischem Innenwiderstand zunächst eine gefilterte Batteriespannung und ein gefilterter Batteriestrom ermittelt. Aus einem Differenzstrom zwischen dem gefilterten Batteriestrom und eine vorgegebenen Laststrom ein ohmscher Spannungsabfall über den dynamischen Innenwiderstand ermittelt. Außerdem wird eine Polarisationsspannung als Funktion des gefilterten Batteriestroms berechnet, die anschließend gefiltert wird. Aus der gefilterten Batteriespannung, abzüglich des ohmschen Spannungsabfalls und der gefilterten Polarisationsspannung wird eine vorhergesagte Batteriespannung berechnet. Anhand dieser vorhergesagten Batteriespannung kann über weitere Maßnahmen entschieden werden.

DaimlerChrysler AG

Gmeiner
07.12.2002Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie,
mit den Schritten:
- 10 (S1) Erfassen bzw. Abfragen von Batteriedaten, von Erfas-
sungs- und Berechnungseinrichtungen, wobei die Batterie-
daten eine Batteriespannung (U_{batt}), einen Batteriestrom
(I_{batt}), eine Batterietemperatur (T_{batt}) sowie einen
dynamischen Innenwiderstand (R_{di}) umfassen,
- 15 (S2) Überprüfen, ob es sich bei dem gegenwärtigen Funkti-
onsablauf um einen ersten Ablauf handelt,
(S3) wenn das Ergebnis in Schritt S2 ist, dass bereits
ein Funktionsablauf stattgefunden hat, Überprüfen, ob ei-
ne vorbestimmte Zeit (T_x) abgelaufen ist, und wenn die
vorbestimmte Zeit noch nicht abgelaufen ist, Zurückkehren
zu Schritt S1,
- 20 (S4) wenn die vorbestimmte Zeit (T_x) abgelaufen ist, Fil-
tern der Batteriespannung (U_{batt}) und des Batteriestroms
(I_{batt}) mittels eines Tiefpasses und Ausgeben einer ge-
filterten Batteriespannung (U_{filt}) und eines gefilterten
Batteriestroms (I_{filt}),
- 25 (S5) Überprüfen, ob der gefilterte Batteriestrom (I_{filt})
größer als ein vorgegebener Laststrom I_{pred} abzüglich
einer Toleranz (Tol) ist und der Batteriestrom (I_{batt})
größer als ein vorgegebener Laststrom (I_{pred}) abzüglich
der Toleranz (Tol) ist, und, wenn die Bedingungen nicht
erfüllt sind, Zurückkehren zu Schritt S1,
- 30 (S6) Berechnen eines ohmschen Spannungsabfalls (U_{ri}) am
dynamischen Innenwiderstand (R_{di}),

(S7) Berechnen einer Polarisationsspannung (U_{pol}) als Funktion des gefilterten Batteriestroms (I_{batt_filt}),

(S8) Filtern der Polarisationsspannung (U_{pol}) mittels zweier Tiefpassfilter getrennt nach einem schnell einschwingenden Anteil ($U_{pol_fast_roh}$) und einem langsam einschwingenden Anteil ($U_{pol_slow_roh}$) und Ausgeben einer gefilterten Polarisationsspannung (U_{pol_filt}),

(S9) Berechnen einer vorhergesagten Batteriespannung, indem von der gefilterten Batteriespannung (U_{batt_filt}) der ohmsche Spannungsabfall (U_{ri}) und die gefilterte Polarisationsspannung (U_{pol_filt}) subtrahiert wird,

(S10) Begrenzen der in Schritt S9 ermittelten vorhergesagten Batteriespannung (U_{pred}) nach oben und unten,

(S11) Filtern der vorhergesagten Batteriespannung (U_{pred}) und

(S12) Überprüfen, ob das Bit, das einen erfolgten ersten Funktionsaufruf anzeigt, gesetzt ist, und, wenn nein, Setzen des Bits und Rückkehr zu Schritt S1, oder, wenn ja, Rückkehr zu Schritt S1.

2. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass
der dynamische Innenwiderstand (R_{di}) mittels eines Pufferalgorithmus ermittelt wird.

3. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass
die vorbestimmte Zeit (T_x) in Schritt S3 500ms beträgt.

4. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass

sich die gefilterte Batteriespannung (U_{filt}) und der gefilterte Batteriestrom (I_{filt}) aus den folgenden Gleichungen ergeben:

5

$$U_{filt}(t_n) = (U_{batt} - U_{filt}(t_{n-1})) * (1 - \exp(-t/T)) + U_{filt}(t_{n-1})$$

10

$$I_{filt}(t_n) = (I_{batt} - I_{filt}(t_{n-1})) * (1 - \exp(-t/T)) + I_{filt}(t_{n-1})$$

wobei T eine Filterkonstante, t ein Intervall, in dem jeweils ein Wertesatz ausgelesen wird und t_n ist der aktuelle Zeitpunkt, während t_{n-1} der Zeitpunkt der letzten Berechnung ist.

15

5. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass

20

direkt nach einem Start die Schritte S3 und S4 in einem ersten Funktionsaufruf übersprungen werden

6. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass

25

die Toleranz (Tol) als 5A gewählt ist.

7. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass

30

sich der ohmsche Spannungsabfall anhand der folgenden Gleichung berechnet wird:

35

$$U_{ri} = (I_{filt} - I_{pred}) * R_{di}$$

8. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass

- 5 die Polarisationsspannung (U_{pol}) unter Berücksichtigung der angegebenen Bedingungen gemäß den folgenden Gleichungen berechnet wird:

Für $I_{filt} > 0$:

10
$$U_{pol} = (U_{pol_0} + (k_{i_lad} \cdot I_{filt} / (i_{k_lad} + I_{filt}))) \cdot K_1.$$

Für $I_{filt} \leq 0$:

15
$$U_{pol} = (U_{pol_0} + (k_{i_ela} \cdot I_{filt} / (i_{k_ela} - I_{filt}))) \cdot K_1,$$

wobei K ein Korrekturfaktor ist, der abhängig vom vorbestimmten Laststrom (I_{pred}) ist und die Parameter U_{pol_0} , k_{i_lad} , i_{k_lad} , k_{i_ela} und i_{k_ela} vorbestimmte Parameter sind, die empirisch ermittelt wurden, und k_{i_ela} so festzulegen ist, dass bei Gleichheit von gefiltertem Batteriestrom (I_{filt}) und der vorbestimmten Laststrom (I_{pred}) der Wert von der Polarisationsspannung (U_{pol}) 0V beträgt.

- 25 9. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass

- 30 die Polarisationsspannung (U_{pol}) einen schnell einschwingenden Anteil ($U_{pol_fast_roh}$) und einen langsam einschwingenden Anteil ($U_{pol_slow_roh}$) umfasst, wobei der schnell einschwingende Anteil ($U_{pol_fast_roh}$) 60% der Polarisationsspannung (U_{pol}) und der langsam einschwingende Anteil ($U_{pol_slow_roh}$) 40% der Polarisationsspannung (U_{pol}) ausmacht, und jeder dieser beiden Anteile in Schritt S8 durch ein Tiefpassfilter gefiltert
- 35

wird, so dass sich folgende Gleichungen ergeben:

$$U_{pol_fast_filt}(t_n) = (U_{pol_fast_roh} - U_{pol_fast_filt}(t_{n-1}) * T + U_{pol_fast_filt}(t_{n-1})$$

$$U_{pol_slow_filt}(t_n) = (U_{pol_slow_roh} - U_{pol_slow_filt}(t_{n-1}) * T + U_{pol_slow_filt}(t_{n-1})$$

und sich die gesamte gefilterte Polarisationsspannung (U_{pol_filt}) durch Addition der beiden gefilterten Anteile der Polarisationsspannung ($U_{pol_fast_filt}$, $U_{pol_slow_filt}$) ergibt.

10. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach Anspruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass

der Korrekturfaktor K_1 1 ist, wenn der vorbestimmte Laststrom (I_{pred}) -100A beträgt, während er sich für einen vorgegebenen Laststrom (I_{pred}) zwischen -80A und -150A aus $(1 - (I_{pred} + 100) / 100 * 0,2)$ ergibt.

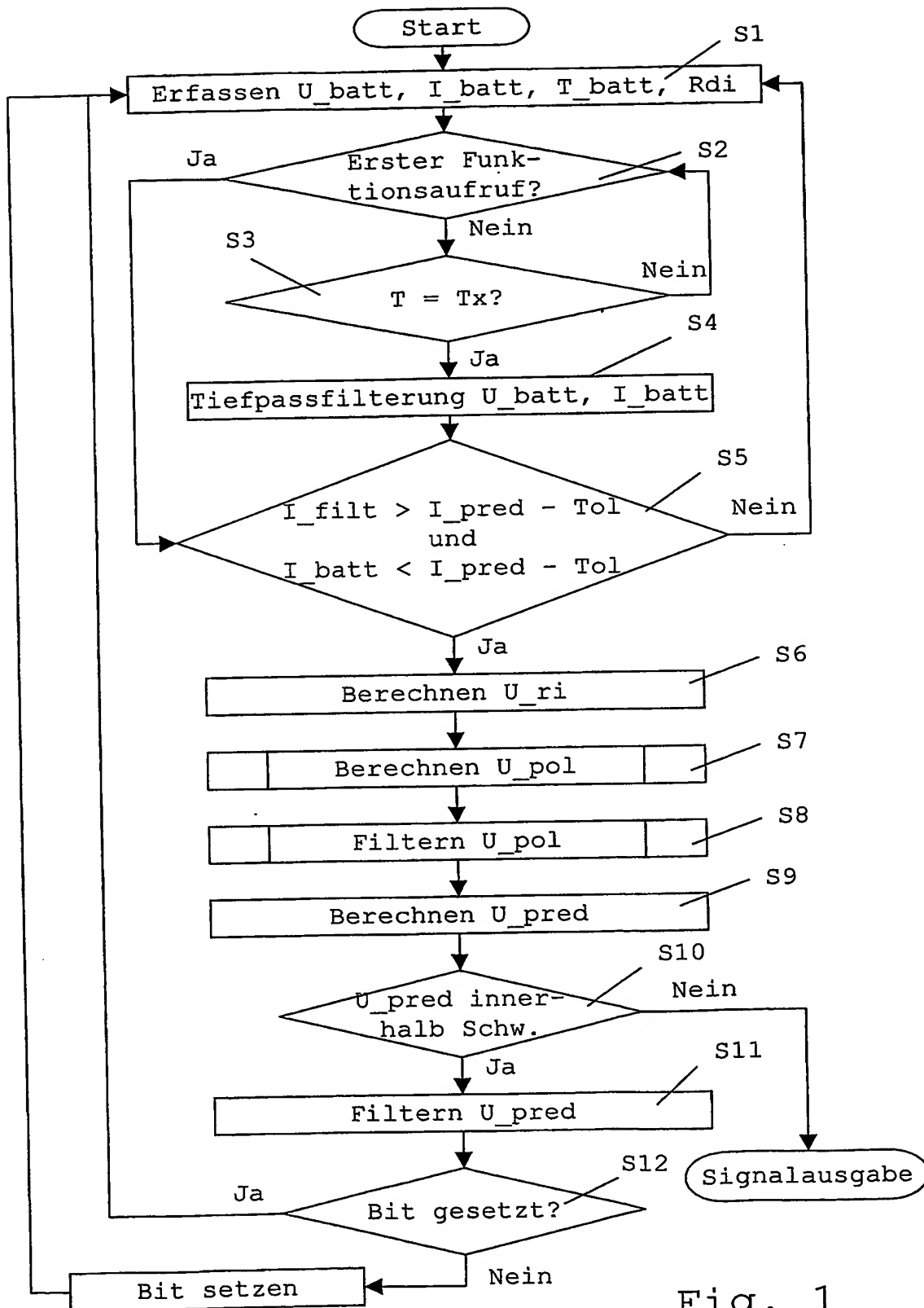


Fig. 1

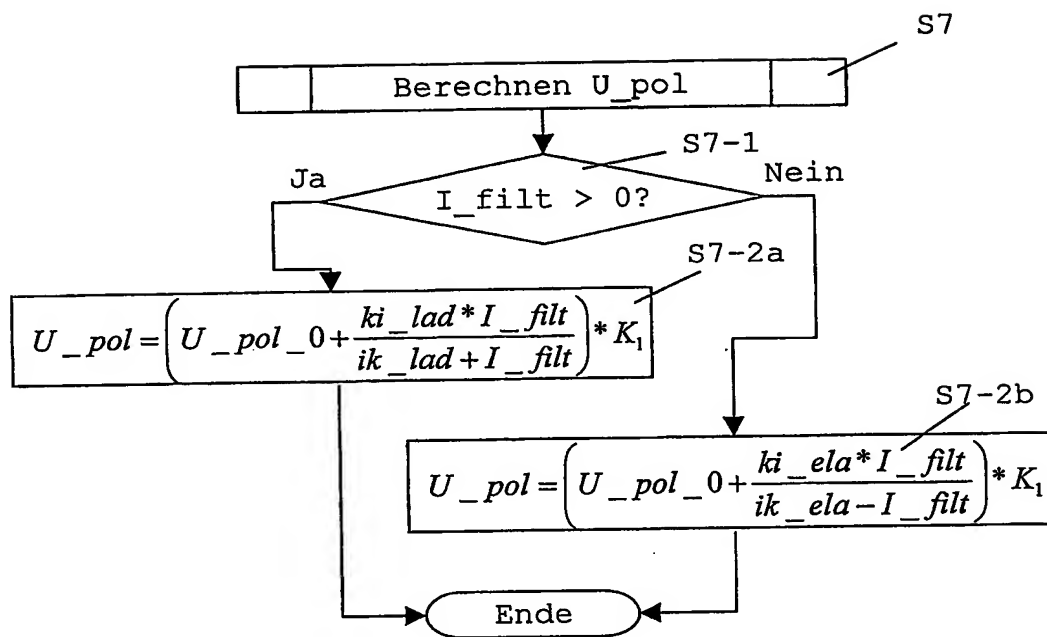


Fig. 2

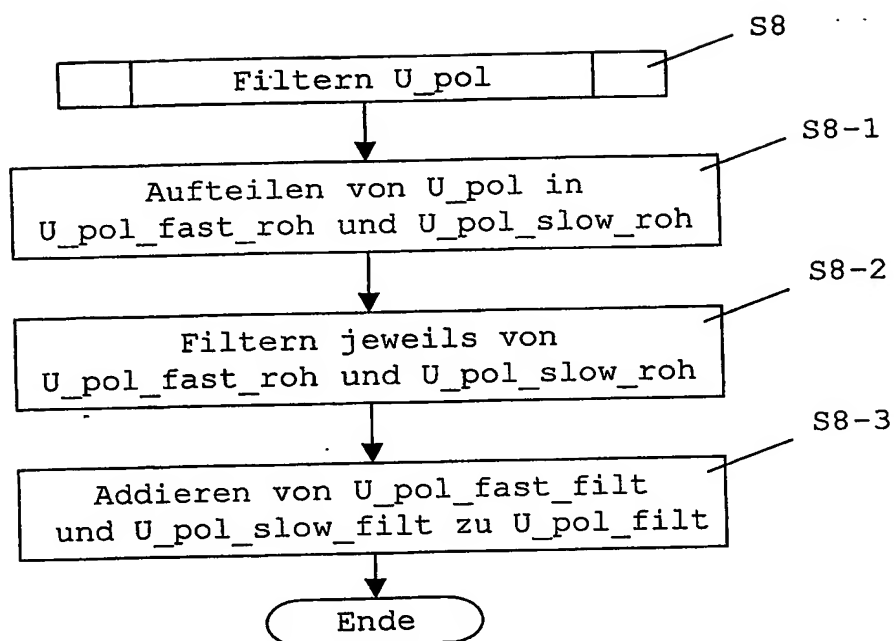


Fig. 3

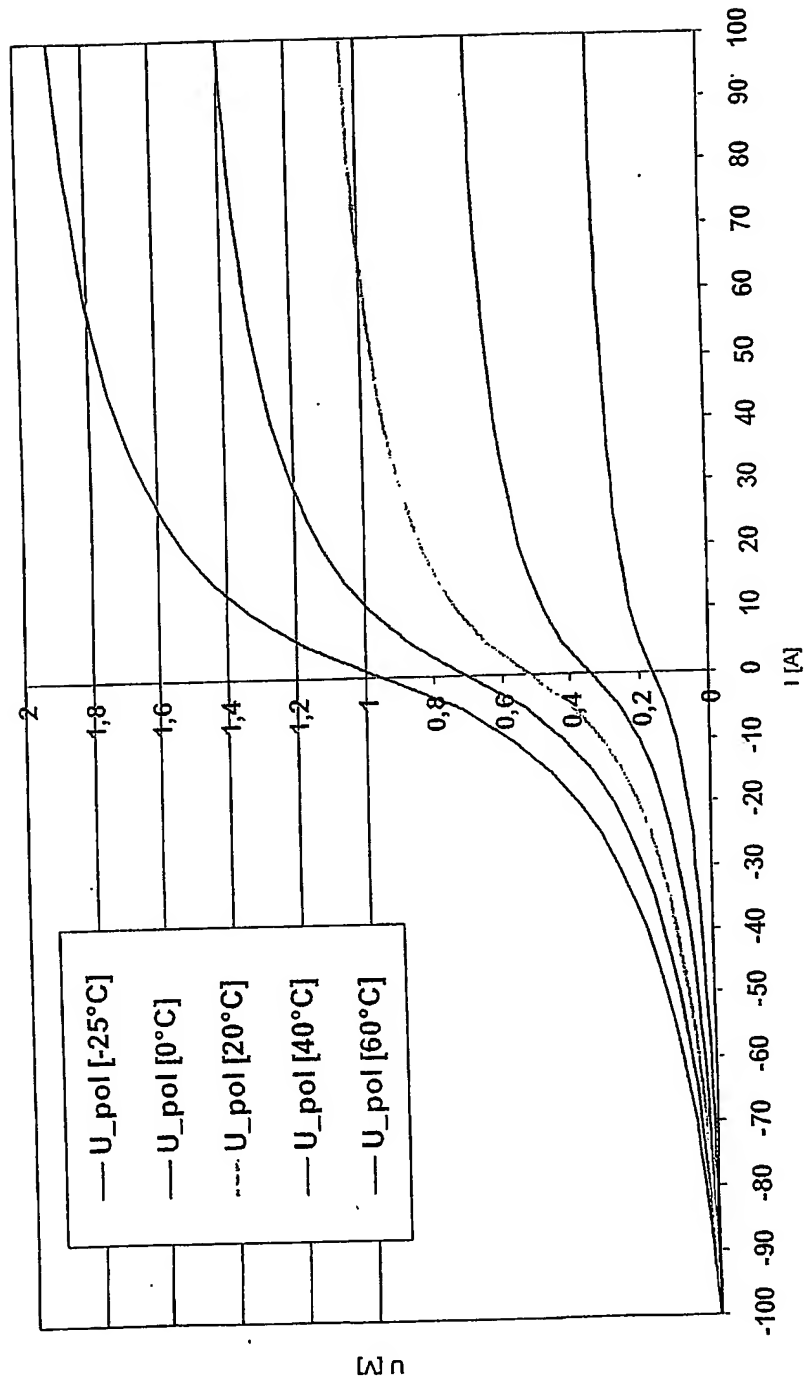


Fig. 4

DaimlerChrysler AG

Gmeiner

07.12.2002

Zusammenfassung

- 5 Die vorliegende Erfindung offenbart ein Verfahren zur Vorher-
sage einer Spannung einer Batterie, insbesondere ein Fahr-
zeugbatterie. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird es
möglich einen Spannungseinbruch vorherzusagen, bevor er tat-
sächlich aufgrund einer Belastung eintritt. Dazu wird aus
10 Batteriedaten, wie beispielsweise Batteriespannung, Batterie-
strom, Batterietemperatur und dynamischem Innenwiderstand zu-
nächst eine gefilterte Batteriespannung und ein gefilterter
Batteriestrom ermittelt. Aus einem Differenzstrom zwischen
dem gefilterten Batteriestrom und eine vorgegebenen Laststrom
15 ein ohmscher Spannungsabfall über den dynamischen Innenwider-
stand ermittelt. Außerdem wird eine Polarisationsspannung als
Funktion des gefilterten Batteriestroms berechnet, die an-
schließend gefiltert wird. Aus der gefilterten Batteriespan-
nung, abzüglich des ohmschen Spannungsabfalls und der gefil-
20 terten Polarisationsspannung wird eine vorhergesagte Batte-
riespannung berechnet. Anhand dieser vorhergesagten Batterie-
spannung kann über weitere Maßnahmen entschieden werden.